Benutzerhandbuch

Absolute Positionsanzeige

mit CANopen - Schnittstelle

AP04

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeine Hinweise 4

Definitionen 4

Bestimmungsgemässe Verwendung 5

Produktfamilie AP04 5

2. Funktionsbeschreibung 5

Allgemein 5

Display 6

Tastatur 6

Batteriepufferung 7

3. Inbetriebnahme 7

Einschalten der Versorgungsspannung 7

Konfiguration 8

Parameterliste 8
Konfiguration per Tastatur 8
Konfiguration per CAN-Schnittstelle 8

Senden des Positionswertes 9

Synchrone Übertragung 9
Asynchrone (zyklische) Übertragung 9

Beenden der Positionswertübertragung 9

4. Allgemeine Angaben CAN-Bus 10

CAN-Bus-Eigenschaften 10

CANopen 10

Das Encoder-Geräte-Profil (CiA Draft Standard 406) 11

5. Datenübertragung nach dem CANopen-Kommunikationsmodell 12

CANopen Meldungsaufbau 12

Funktions-Code 13
Knotennummer (Node-ID) 13

Übertragung der Prozessdaten 13

Von der AP04 zum Busmaster (Positionswert + Statusbyte) 13
Vom Busmaster zur AP04 (Sollwert) 14

Übertragung der SDO-Daten (Parametrierung) 15

Emergency-Dienst 16

Netzwerkmanagement-Dienste (NMT) 18

Beschreibung der NMT-Kommandos 18
Kommando Byte 18
NMT-Status 18
Die verschiedenen NMT-Zustände 19
Zustandswechsel 19
Heartbeat 20

6. Objektverzeichnis 21

Objektübersicht 21

Detaillierte Objektbeschreibung 23
Objekt 1000h (Device Type) 23
Objekt 1001h (Error Register) 24
Objekt 1002h (Manufacturer Status Register) 24
Objekt 1003h (Pre-defined Error Field) 25
Objekt 1005h (COB-ID SYNC message) 25
Objekt 1008h (Manufacturer Device Name) 25
Objekt 1009h (Manufacturer Hardware Version) 26
Objekt 100Ah (Manufacturer Software Version) 26
Objekt 1010h (Store Parameters) 26
Objekt 1011h (Load Default Parameters) 28
Objekt 1014h (COB-ID Emergency Object) 28
Objekt 1017h (Producer Heartbeat Time) 29
Objekt 1018h (Identity Object) 29
Objekt 1200h (Server SDO Parameter) 30
Objekt 1400h (Receive PDO1 Parameter, asynchrone Betriebsart) 30
Objekt 1401h (Receive PDO2 Parameter, synchrone Betriebsart) 31
Objekt 1600h (Receive PDO1 Mapping Parameter) 31
Objekt 1601h (Receive PDO2 Mapping Parameter) 32
Objekt 1800h (Transmit PDO1 Parameter, asynchrone Betriebsart) 32
Objekt 1801h (Transmit PDO2 Parameter, synchrone Betriebsart) 33
Objekt 1A00h (Transmit PDO1 Mapping Parameter) 34
Objekt 1A01h (Transmit PDO2 Mapping Parameter) 35
Objekt 2001h (Manufacturer Offset) 35
Objekt 2002h (Geberwert Nullsetzen) 36
Objekt 2003h (Freigabe Geberwert per Tastatur Nullsetzen) 36
Objekt 2004h (Freigabe Kettenmaß) 36
Objekt 5F09h (Externer Heartbeat Timer) 37
Objekt 5F0Ah (Node-ID) 37
Objekt 5F10h (Zielfenster) 37
Objekt 5F11h (Nachkommastellen) 38
Objekt 5F12h (Displayausrichtung und LED) 38
Objekt 5F13h (Anzeigendivisor) 38
Objekt 5F14h (Schleifenweite) 39
Objekt 5F15h (Schleifenrichtung) 39
Objekt 5F16h (Sollwert lesen) 40
Objekt 5F18h (Externe Heartbeat Quelle) 41
Objekt 5F19h (AP04-Status) 41
Objekt 6000h (Operating Parameters) 41
Objekt 6001h (Anzeige pro Umdrehung, APU) 42
Objekt 6002h (Total Measuring Range [Gesamtschrittzahl]) 42
Objekt 6003h (Preset value) 43
Objekt 6004h (Position value) 43
Objekt 6200h (Zyklus Timer) 44
Objekt 6500h (Operating Status) 44
Objekt 6501h (Single Turn Resolution) 44
Objekt 6502h (Number of distinguishable revolutions) 44
Objekt 6503h (Alarms) 45
Objekt 6504h (Supported Alarms) 45
Objekt 6505h (Warnings) 46
Objekt 6506h (Supported Warnings) 46
Objekt 6507h (Profile and Software Version) 46
Objekt 6508h (Operating Time) 47
Objekt 6509h (Gebernullungswert) 47
Objekt 650Ah (Module Identification) 47
Objekt 650Bh (Serial Number) 48

1. Allgemeine Hinweise

Dieses Benutzerhandbuch ist für die absolute Positionsanzeige AP04 ab Firmwareversion 1.03 gültig und soll die notwendigen Informationen zur Handhabung dieses Gerätes vermitteln.

In der ***Benutzerinformation AP04*** finden sich wichtige Hinweise zu Gewährleistung, Sicherheit, mechanischer Montage, elektrischem Anschluss sowie zur Inbetriebnahme der AP04. Bitte lesen Sie auch diese sorgfältig durch.

Im vorliegenden ***Benutzerhandbuch*** wird ausführlich auf die Funktionsweise der CANopen-Schnittstelle eingegangen.
Die Kommunikationsmöglichkeiten via RS485 werden im ***Beiblatt zur Benutzerinformation AP04 RS485*** beschrieben.

Definitionen

Dieses Symbol steht bei Textstellen, die besonders zu beachten sind, damit der ordnungsgemäße Einsatz gewährleistet ist und Gefahren ausgeschlossen werden.

Dieses Symbol gibt wichtige Hinweise für den sachgerechten Umgang mit der Anzeige. Das Nichtbeachten dieser Hinweise kann zu Störungen an der Anzeige oder in deren Umgebung führen.

⇒ Dieses Symbol zeigt Handlungs-Anweisungen an.

CAL	CAN Application Layer. Anwendungsschicht (Schicht 7) im CAN Kommunikations-Modell
CAN	Controller Area Network
CiA	CAN in Automation. Internationaler Verein der Anwender und Hersteller von CANProdukten.
COB	Communication Object. Transporteinheit im CAN Netzwerk (CAN Nachricht). Daten werden innerhalb eines COB über das Netzwerk gesendet.
COB-ID	COB-Identifier. Eindeutige Kennung einer CAN-Nachricht. Der Identifier bestimmt die Priorität des COB im Netzwerk.
ID	Identifier, siehe COB-ID
LSB	Least Significant Bit/Byte; niederwertigstes Bit/Byte
MSB	Most Significant Bit/Byte; höchstwertigstes Bit/Byte
NMT	Network Management. Service-Element von CAL, verantwortlich für die Initialisierung, Konfiguration und Fehlerbehandlung im Netzwerk.
PDO	Process Data Object. Objekt für den Austausch von Prozessdaten.
RTR	Remote Transmission Request; Datenanforderungstelegramm
SDO	Service Data Object; Kommunikationsobjekt, über das der Master auf das Objektverzeichnis eines Knotens zugreifen kann.

SYNC Synchronisations-Telegramm. Busteilnehmer antworten mit ihrem Prozesswert auf das SYNC-Kommando.

Zahlenangaben falls nicht explizit angegeben, werden dezimale Werte als Ziffern ohne Zusatz angegeben (z. B. 1234), binäre Werte werden mit **b** (z. B.1011b), hexadezimale Werte mit **h** (z. B. 280h) hinter den Ziffern gekennzeichnet.

Bestimmungsgemässe Verwendung

Die Positionsanzeige AP04 ist ein Präzisionsmessgerät. Sie dient ausschließlich der Erfassung und Ausgabe von Positionswerten, der Aufbereitung und Bereitstellung der Messwerte als elektrische Ausgangssignale für eine übergeordnete Steuerung sowie der Anzeige von Sollwerten und Positionierhilfen. Die AP04 darf ausschließlich zu diesen Zwecken verwendet werden.

- Eigenmächtige Umbauten und Veränderungen an dem Gerät sind aus Sicherheitsgründen verboten.
- Es ist jede Arbeitsweise zu unterlassen, welche die Sicherheit mit dem Gerät beeinträchtigt.

Produktfamilie AP04

Die Produktfamilie der absoluten Positionsanzeigen umfasst zur Zeit die folgenden 2 Typen:

- **AP04 mit RS485-Schnittstelle**
- **AP04 mit CAN Schnittstelle (CANopen)**

Sie sind jeweils als Hohlwellen-Ausführung im Standardmaß mit 20 mm Wellendurchmesser verfügbar. Die Positionsanzeige zeichnet sich trotz Busausführung durch eine sehr kompakte Bauform aus.

Die AP04 arbeitet mit folgenden Kommunikationsprotokollen:

- **CAN (CANopen Schnittstelle)**
- **SN3 (RS485 mit SIKONETZ3-Protokoll)**
- **SN4 (RS485 mit SIKONETZ4-Protokoll)**
- **SSP (RS485 mit Service-Standard-Protokoll)**

2. Funktionsbeschreibung

Allgemein

Das vorliegende Gerät ist eine absolute Positionsanzeige mit einer 20 mm Hohlwelle zur direkten Wellenmontage. Über das 2-zeilige LC-Display werden Ist- und Sollwert angezeigt. Bei einer Abweichung zwischen Ist- und Sollwert wird eine Richtungsanzeige (Pfeil) eingeblendet. Die Pfeilrichtung gibt dabei an, in welche Richtung die Welle gedreht werden muss um den Sollwert zu erreichen. Ab welcher Abweichung die Pfeile eingeblendet werden ist einstellbar. Zusätzlich können verschiedene Visualisierungsaufgaben mit Hilfe von zwei farbigen LEDs (grün und rot) realisiert werden.

Mit Hilfe der 3 Tasten können die Geräteparameter angepasst werden. Über die integrierte Busschnittstelle kann der Sollwert verändert, der Positionswert ausgegeben und einzelne Geräteparameter angepasst werden.

Die Abtastung erfolgt magnetisch inkremental. Im stromlosen Zustand werden Positionswertänderungen mit Batterieunterstützung erfasst und gespeichert. Die Batterie ist wechselbar. Falls die Batteriespannung in einen kritischen Bereich absinkt blinkt das Batteriesymbol im Display. Bei Unterschreiten eines Minimalwertes leuchtet das Symbol dauerhaft.
Display und Schnittstelle sind nur bei externer Stromversorgung aktiv.

Display

2 Zeilen mit jeweils 5 Ziffern in 7 Segmenten

4 Sonderzeichen: „<“, „>“, Kettenmaß-Symbol ⊢→⊢→; Batterie-Symbol ▭

Darstellbarer Zahlenbereich:
-19999 bis 99999

Wird dieser Zahlenbereich überschritten erscheint die Meldung „FULL“. Der Wert steht jedoch zur Übertragung via Schnittstelle zur Verfügung.

Im Normalbetrieb wird in der ersten Zeile der Positions-Istwert, in der zweiten Zeile der Sollwert angezeigt.

Tastatur

Die AP04 verfügt über ✱ -, ⬆ - und ⬅ Taste, über welche die Geräteparameter angepasst werden können.

⬆ - Taste

Durch Betätigen der ⬆ -Taste wird die Kettenmaß-Funktion ein- bzw. ausgeschaltet. Im Display wird dabei das Kettenmaß-Symbol ⊢→⊢→ ein- bzw. ausgeblendet. Die Kettenmaß-Funktion muss dazu freigegeben sein.

Während der Konfiguration wird mit der ⬆ -Taste der aktuelle Wert verändert.

✱ - Taste

Wird die ✱ -Taste länger als 5s betätigt, so wird beim Freigeben der Taste der aktuelle Positionswert zu Null gesetzt. Die Nullsetzung muss dazu freigegeben sein.

Positionswert = 0+Kalibrierwert + Offsetwert

Bei Betätigen der Taste wird in der unteren Zeile "rESEt" angezeigt, zunächst blinkend, nach Ablauf von 5 s statisch bis die Taste freigegeben wird.

Während der Konfiguration wird mit der ✱ -Taste der aktuelle Wert bestätigt und zum nächsten Parameter geschaltet.

⬅ - Taste

Bei Betätigen der ⬅ -Taste wird die eingestellte Bus-Adresse (im Bsp. „1“) und Baudrate (250 kbit/s) angezeigt.

Bsp.:

Id 1
250

Bei einer Betätigung von mehr als 15s wird die AP04 in den Konfigurations-Modus versetzt.

Im Display wird dann der erste Menüpunkt der Konfiguration angezeigt.

Batteriepufferung

Die Batterie ermöglicht die Erkennung stromloser Verstellungen. Je nach Dauer des Batteriebetriebs (auch Lagerung) und Häufigkeit der stromlosen Verstellungen beträgt die Batterielebensdauer ca. 5 bis 8 Jahre. Die Batteriespannung wird in einem Zeitintervall von ca. 5 min geprüft. Sinkt die Batteriespannung unter einen bestimmten Wert blinkt das Batteriesymbol in der Anzeige. Sinkt die Batteriespannung weiter, erscheint dauerhaft. Ein Wechsel der Batterie sollte vorgenommen werden, sobald in der Anzeige das Batteriesymbol erscheint. Der Austausch kann bei den SIKO-Vertriebspartnern oder im SIKO-Stammwerk erfolgen. Bei einem Batteriewechsel sind die Hinweise in der ***Benutzerinformation*** unbedingt zu beachten.

3. Inbetriebnahme

Zur Inbetriebnahme der Anzeige sind folgende Arbeiten durchzuführen:

- korrekte Montage (siehe Benutzerinformation AP04)
- korrekter Anschluss der Versorgungs- und Bus-Leitungen (siehe Benutzerinformation AP04)
- Einstellung der Node-ID (diese darf nur einmal im System vorkommen)
- Einstellung der für das System gültigen CAN-Baudrate
- evtl. Einstellung weiterer Konfigurationsparameter

Einschalten der Versorgungsspannung

Nach dem Einschalten der Versorgungsspannung initialisiert sich die AP04.

Während der Initialisierung wird ein Displaytest durchgeführt, die LEDs leuchten nacheinander auf und es werden die Konfigurationsparameter aus dem nichtflüchtigen Speicher in den Arbeitsspeicher des Controllers geladen.

Wurde die Anzeige noch nicht konfiguriert, sind alle Parameter auf ihre Default-Werte gesetzt. Es ist darauf zu achten, dass die Busanbindung erst nach korrekter Einstellung von baudrate und ID erfolgt. Die AP04 arbeitet mit den zuletzt parametrierten Daten.

Die AP04 mit CAN-Schnittstelle sendet nach Abschluss der Initialisierungsprozedur ein spezielles NMT-Kommando, die **Boot-Up-Message**, um dem System das Vorhandensein der Anzeige mitzuteilen. Die AP04 befindet sich nun im **Pre-Operational-Mode**. In diesem Zustand kann die Anzeige gemäß den Forderungen der Anwendung per SDO-Kommandos parametriert werden. Dies betrifft sowohl die Konfigurationsparameter als auch die Art und Weise, wie sie ihre Positionswerte dem System zur Verfügung stellt (asynchrone oder synchrone Datenübertragung).

Kann aufgrund von falsch eingestellter Baudrate keine Boot-Up-Message gesendet werden, reinitialisiert sich die AP04 komplett (Warmstart) und versucht erneut die Meldung zu senden. Dies wird sichtbar durch einen wiederkehrenden Displaytest. Ist kein Bus angeschlossen versucht die AP04 ebenfalls dauernd die Boot-Up-Message zu senden, reinitialisiert aber erst nach einer bestimmten Anzahl fehlgeschlagener Versuche.

Konfiguration

Parameterliste

Eine detaillierte Beschreibung der Parameter findet sich im Abschnitt „Detaillierte Objektbeschreibung“.

Parameter	Wertebereich	Default	Bedeutung / Bemerkung	Objekt
Id	1 … 127	1	Bus-Adresse	5F0Ah
baud	125, 250, 500, 1000	250	Baudrate in kbit/s	-
APU	0 … 59999	720	Anzeige pro Umdrehung	6001h
dIV	1, 10, 100, 1000	1	Anzeigendivisor	5F13h
dIr	I, E	E	Drehrichtung Im bzw. Entgegen Uhrzeigersinn	6000h
dEZ	0, 0.0, 0.00, 0.000, 0.0000	0.0	Anzeige Nachkommastellen	5F11h
OFFSt	-9999 … +9999	0	Offset-Wert	2001h
CAL	-9999 … +9999	0	Kalibrierwert	6003h
F0SEt	0, 1	1	Freigabe Nullung	2003h
FCEtt	0, 1	1	Freigabe Kettenmaß	2004h
InPOS	0 … +9999	5	Abweichungsfenster von Soll- zu Istwert	5F10h
Loop	0 … +9999	0	Schleifenumkehrpunkt (in Anzeigeeinheit)	5F14h
LPdIr	dIr, I, E,	dIr	Positionierrichtung für Schleife	5F15h
GrEEn	0, 1	1	grüne LED leuchtet wenn Zielfenster erreicht	5F12h
rEd	0, 1	1	rote LED leuchtet bei Position außerhalb des Zielfensters1	5F12h
FLASh	0, 1	0	LED blinkt wenn eingeschaltet	5F12h
CodE	0 … 99999 00100 11100	0	Für SIKO interne Prüfzwecke / Diagnose Abgleichfahrt Werkseinstellungen laden	- - 1011h
dISPL	0, 180	0	Display-Orientierung	5F12h

Konfiguration per Tastatur

Im Konfigurations-Modus werden die erforderlichen Parameter eingestellt.

Hierbei wird im Display in der 1. Zeile jeweils der Parameter und in der 2. Zeile der zugehörige Wert dargestellt.

Mit der ⬆ -Taste kann der aktuelle Wert, bei mehrstelligen Zahlen an der blinkenden Stelle bzw. komplett (z. B. „e“ -> „dir“) verändert werden.

Mit der ⬅ -Taste wird bei mehrstelligen Zahlen zur nächsten Stelle weitergeschaltet.

Durch Betätigen der ✱ -Taste wird der eingestellte Wert bestätigt und nichtflüchtig gespeichert.

Wird keine Taste betätigt, so wird der Konfigurations-Modus nach ca. 30 s verlassen, ohne dass der zuletzt angezeigte Wert gespeichert wird, d. h. der ursprüngliche Wert bleibt erhalten.

Konfiguration per CAN-Schnittstelle

Außer der Baudrate sind alle Parameter über die CAN-Schnittstelle konfigurierbar. Eine detaillierte Beschreibung der Parameter-Objekte befindet sich im Abschnitt „6 Objektverzeichnis“.

Senden des Positionswertes

Bevor die Anzeige ihren Positionswert senden kann, muss mit dem NMT-Kommando **Node-Start** die AP04 in den **Operational-Mode** geschaltet werden.

COB-ID	Kommando Byte	Knotennummer
0h	1h	0h .. 1Fh (0 .. 31)

Wird als Knotennummer die Node-ID der Anzeige angegeben, so startet nur diese Anzeige. Wird für die Knotennummer der Wert 0 übertragen, starten alle an dem Bus angeschlossenen Geräte.

Nun kann die Anzeige über die mit PDO1 bzw. PDO2 spezifizierten Art und Weise ihren Positionswert übertragen:

Synchrone Übertragung

Das Gerät unterstützt mit den Werkseinstellungen diese Übertragungsart.

Empfängt die AP04 im Operational-Mode ein SYNC-Telegramm antwortet die Anzeige mit dem Positionswert zzgl. dem Statusbyte. Eine genaue Beschreibung der Übertragung finden Sie im Abschnitt „Übertragung der Prozessdaten“.

Damit der Positionswert synchron gesendet werden kann, muss PDO2 frei geschaltet sein (Bit31 des COB-ID PDO2 auf 0 = default). Des weiteren muss in Objekt 1801h, Subindex 2 ein Wert zwischen 1 und 240 (= F0h) eingeschrieben sein (1 = default).

Eine weitere Möglichkeit, das PDO2 zu übertragen, besteht in der Antwort auf eine RTR. Hierzu muss Objekt 1801h, Subindex 2 mit dem Wert 253 (=FDh) beschrieben werden.

Asynchrone (zyklische) Übertragung

Für diese Übertragungsart ist PDO1 verantwortlich. Der Positionswert (zzgl. Statusbyte) wird, entsprechend der in Objekt 1800h, Subindex 5 parametrierten Zeit, zyklisch gesendet.

Beenden der Positionswertübertragung

Allgemein:

Um die Datenübertragung von der Anzeige zu stoppen, kann diese z. B. entweder in den **Stopped-Mode** oder in den **Pre-Operational-Mode** zurückgeschaltet werden:

Kommando Stop-Mode

COB-ID	Kommando Byte	Knotennummer
0h	2h	0h .. 1Fh (0 .. 31)

Kommando Pre-Operational-Mode

COB-ID	Kommando Byte	Knotennummer
0h	80h	0h .. 1Fh (0 .. 31)

Über die Knotenadresse 0 werden alle an den Bus angeschlossenen Geräte angesprochen.

Synchrone Übertragung:

Die synchrone Übertragung wird natürlich nicht durchgeführt wenn kein SYNC-Telegramm empfangen wird oder kein RTR eingeht.

Asynchrone Übertragung:

Die asynchrone, also Timer-gesteuerte Übertragung wird unterbunden, wenn der Timerwert zu 0 gesetzt wird (siehe Objekt 1800h).

4. Allgemeine Angaben CAN-Bus

Der CAN-Bus (CAN: Controller Area Network) wurde ursprünglich von Bosch und Intel für die schnelle, kostengünstige Datenübertragung in der Kraftfahrzeug-Technik entwickelt und findet heute auch in der industriellen Automatisierung Anwendung. Der CAN-Bus ist ein Feldbus über den Geräte, Aktoren und Sensoren verschiedener Hersteller miteinander kommunizieren. Die Standards hierfür werden durch die Vereinigung CAN in Automation (CiA) festgelegt.

CAN-Bus-Eigenschaften

- Busmedium ist ein paarweise verdrilltes und abgeschirmtes Kabel.
- Multimasterfähig, d. h. mehrere CAN-Teilnehmer können gleichzeitig den Bus anfordern. Dabei setzt sich die Nachricht mit der höchsten Priorität (festgelegt durch den Identifier) durch.
- Datenrate bis 1 Mbit/s zulässig (bei 40 m Netz-Ausdehnung).
- Beidseitig abgeschlossenes Netzwerk.
- Theoretisch bis zu 127 Teilnehmer an einem Bus möglich, durch den Treiber bedingt aber praktisch nur bis zu 32 Teilnehmer.
- Nachrichtenorientierte Kommunikation: Die Nachricht wird mit einer Nachrichtenkennung (Identifier) gekennzeichnet. Alle Busteilnehmer prüfen an Hand des Identifiers, ob die Nachricht für sie relevant ist.
- Alle Busteilnehmer erhalten gleichzeitig jede Nachricht. Daher ist eine Synchronisation möglich.
- Der Identifier setzt die Priorität der Nachricht fest. Je niedriger der Identifier vom Wert her ist, um so höhere Priorität hat die Nachricht. Dadurch können wichtige Nachrichten schnell über den Bus übertragen werden.
- Hohe Übertragungssicherheit durch mehrere, einander ergänzende Fehlererkennungsmechanismen.
- Lokalisation von fehlerhaften bzw. ausgefallenen Busteilnehmern. Das CAN-Protokoll beinhaltet eine Funktionsüberwachung von Busteilnehmern. Diese werden, wenn sie fehlerhaft sind, in ihrer Funktion eingeschränkt oder ganz vom Netz abgekoppelt.

CANopen

Unter technischer Leitung des Steinbeis Transferzentrums für Automatisierung wurde auf der Basis der Schicht 7-Spezifikation CAL (CAN-Application Layer) das CANopen-Profil entwickelt. Im Vergleich zu CAL sind in CANopen nur die für diesen Einsatz geeigneten Funktionen enthalten. CANopen stellt somit eine für die Anwendung optimierte Teilmenge von CAL dar und ermöglicht dadurch vereinfachten Systemaufbau und den Einsatz vereinfachter Geräte. CANopen ist optimiert für den schnellen Datenaustausch in Echtzeitsystemen.

Die Organisation CAN in Automation (CiA) ist zuständig für die geltenden Normen der entsprechenden Profile.

Die Positionsanzeige AP04 mit CANopen-Schnittstelle erfüllt die im „CANopen Application Layer and Communication Profile“ (CiA Draft Standard 301, Version 4.02) und im „CANopen Device profile for encoders“ (CiA Draft Standard 406, Version 3.1) festgelegten Forderungen (CAN 2.0A).

CANopen ermöglicht:

- einfachen Zugriff auf alle Geräte- und Kommunikationsparameter,
- Synchronisation von mehreren Geräten,
- Automatische Konfiguration von Netzwerken,
- zyklischen und ereignisgesteuerten Datenverkehr

CANopen besteht aus vier Kommunikationsobjekten (COB) mit unterschiedlichen Eigenschaften:

- Prozessdaten-Objekte für Echtzeitdaten (PDO),
- Servicedaten-Objekte für Parameter- und Programmübertragung (SDO),
- Netzwerk-Management (NMT),
- Vordefinierte Objekte (für Synchronisation, Notfallnachricht)

Zentrales Element des CANopen-Standards ist die Beschreibung der Gerätefunktionalität über ein Objektverzeichnis. Das Objektverzeichnis ist unterteilt in einen Bereich, welcher allgemeine Angaben über das Gerät (Geräteidentifikation, Herstellername, etc.) sowie Kommunikationsparameter enthält, sowie einen Teil, der die spezifische Gerätefunktionalität beschreibt.

Die Identifizierung eines Eintrags („Objekt“) des Objektverzeichnisses erfolgt über einen 16Bit-Index und einen 8Bit-Subindex. Über diese Einträge werden die „Anwendungsobjekte“ eines Gerätes (z. B. Positionswert bei Encodern) in standardisierter Form über das Netzwerk zugänglich gemacht.

Die Funktionalität und Eigenschaften eines CANopen-Geräts können in Form eines standardisierten „elektronischen Datenblatts“ (Electronic Data Sheet, **EDS**) im ASCII-Format beschrieben werden.

Die EDS-Datei der AP04 ist unter der folgenden Dateibezeichnung auf der Homepage von SIKO GmbH (www.siko.de) abrufbar. Sie ist des weiteren auf der Begleit-CD zu finden:

- AP04_CAN.eds

Das Encoder-Geräte-Profil (CiA Draft Standard 406)

Dieses Profil beschreibt eine herstellerunabhängige und verbindliche Festlegung der Schnittstelle für Drehgeber. Im Profil ist definiert, welche CANopen Funktionen verwendet werden und ebenso wie sie zu verwenden sind. Dieser Standard ermöglicht ein offenes und herstellerunabhängiges Bussystem.

Das Geräteprofil ist gegliedert in zwei Objekt-Klassen:

- die Standard-Klasse C1 beschreibt alle Grundfunktionen, die der Geber enthalten muss,
- die erweiterte Klasse C2 enthält eine Vielzahl von weiteren Funktionen, die von Gebern dieser Klasse entweder unterstützt werden müssen (Mandatory) oder optional sind. Geräte der Klasse C2 enthalten somit alle C1- und C2-mandatory-Funktionen, sowie, Herstellerabhängig, weitere optionale Funktionen.

Im Profil ist außerdem ein Adressbereich definiert, der mit Herstellereigenen Sonderfunktionen belegt werden kann.

Die AP04 unterstützt die Klasse C2.

5. Datenübertragung nach dem CANopen-Kommunikationsmodell

Das bei CANopen zugrundeliegende Kommunikationsmodell stellt zwei Arten von Kommunikationsmechanismen zur Verfügung:

- Unbestätigte Übertragung von Daten mit einer Länge von max. 8 Byte (**Prozessdaten-Objekte, PDO**). Diese Daten werden mit hoher Priorität übertragen (niedriger COB-Identifier). PDO's sind Broadcast-Nachrichten und stellen ihre Daten allen Empfängern am Bus gleichzeitig zur Verfügung.
- Bestätigte Übertragung auch längerer Datensätze (Parameter) zwischen zwei Teilnehmern mit direktem Zugriff auf die Einträge des Objektverzeichnisses des adressierten Teilnehmers (**Servicedaten-Objekte, SDO**). Diese Parameter werden in der Regel azyklisch (z. B. nur einmal beim Hochfahren des Systems) übertragen und haben deshalb eine niedrige Priorität (= hoher COB-Identifier).

Die Priorität der Nachrichten-Objekte wird über den COB-Identifier festgelegt.

CANopen Meldungsaufbau

Zur einfacheren Verwaltung der Identifier verwendet CANopen das „Pre-Defined Connection Set". Hierbei sind alle Identifier mit Standardwerten im Objektverzeichnis definiert. Es besteht jedoch die Möglichkeit, diese Identifier über SDO-Zugriff kundenspezifisch zu ändern. Es werden jedoch nur 11Bit-Identifier unterstützt (CAN 2.0A).

Der 11Bit-Identifier (COB-Identifier) setzt sich aus einem 4Bit-Funktionscode und einer 7Bit-Knotennummer zusammen:

Bit-Nr.	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Art	Funktions-Code				Knotennummer (Node-ID)						
Belegung	x	x	x	x	0	0	x	x	x	x	x

Hinweis: Somit sind maximal 127 unterschiedliche Knotennummern einstellbar (Knotennummer 0 nicht erlaubt!)

Hinweis: Es sind nur maximal 31 Busteilnehmer erlaubt!

Der Funktionscode gibt Aufschluss über die Art der Meldung und die Priorität. Je höher der Wert des COB-Identifier ist, umso niedriger die Priorität.

Funktions-Code

Folgende Funktionscodes sind im „Pre-Defined Connection Set“ definiert (es sind nur diejenigen Funktionscodes dargestellt, die in der AP04 verwendet werden):

Objekt	Funktions-Code	Resultierender COB-ID	zugeordneter Kommunikationsparameter bei Index
NMT	0000b	0	-
SYNC	0001b	128 (80h)	1005h
EMERGENCY	0001b	128 (80h) + Node-ID	1014h
PDO1 (tx)[1]	0011b	384 (180h) + Node-ID	1800h
PDO1 (rx)[1]	0100b	512 (200h) + Node-ID	1400h
PDO2 (tx)[1]	0101b	640 (280h) + Node-ID	1801h
PDO2 (rx)[1]	0110b	768 (300h) + Node-ID	1401h
SDO (tx)[1]	1011b	1408 (580h) + Node-ID	1200h
SDO (rx)[1]	1100b	1536 (600h) + Node-ID	1200h
HEARTBEAT	1110b	1792 (700h) + Node-ID	1017h

[1] (tx) und (rx) aus Sicht der Positionsanzeige

Knotennummer (Node-ID)

Die 7Bit-Knotennummer wird über die Konfiguration an der AP04 eingestellt und im Betrieb bei betätigen der Taste ⬅ angezeigt.

Die Knotennummer 0 ist reserviert und darf von keinem Knoten verwendet werden. Resultierende Knotennummern liegen somit im Bereich von 1 … 127. Die Übernahme einer neu eingestellten Knotennummer erfolgt erst beim nächsten Reset/Power-On des Gebers.

Die Positionsanzeige wird ab Werk mit der Knotennummer 1 ausgeliefert.

Übertragung der Prozessdaten

Es stehen die vier PDO-Dienste PDO1 (tx), PDO1 (rx), PDO2 (tx) und PDO2 (rx) zur Verfügung.

Von der AP04 zum Busmaster (Positionswert + Statusbyte)

Eine PDO-Übertragung von der Anzeige zum Busmaster (TPDO) kann durch verschiedene Ereignisse initiiert werden:

- asynchron, gesteuert durch internen Gerätetimer
- synchron als Antwort auf ein SYNC-Telegramm
- als Antwort auf ein RTR-Telegramm

Beide TPDO liefern die aktuelle Position sowie ein Statusbyte der Anzeige und sind über die Objekte 1800h, 1801h, 1A00h, 1A01h, 2800h, 2801h und 6200h festgelegt.

Bei der AP04 ist das TPDO1 der asynchronen und das TPDO2 der synchronen Prozessdatenübertragung zugeordnet. TPDO2 ist standardmäßig nach jedem Power-On des Gebers freigegeben und muss bei Bedarf per SDO gesperrt werden.

Eine Positionswertanforderung per RTR-Telegramm ist ebenfalls nur über den TPDO2 möglich.

Die TPDO-Nachricht hat folgenden Aufbau:

COB-ID	Prozessdaten im Binärcode				
11Bit	Byte 0 (LSB)	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4 (MSB)
TPDO1: 180h+Node-ID TPDO2: 280h+Node-ID	Positionswert in 2er-Komplement-Darstellung siehe Objekt 6004h				Statusbyte siehe Objekt 5F19h

Die Bits des Statusbytes haben folgende Bedeutung:

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
0 1	-	-	„<“ aus „<“ ein	„>“ aus „>“ ein	Kettenmaß = 0 Kettenmaß = set	Batt. ok Batt.warn	IST < SOLL IST > SOLL	Not IN-POS IN-POS

Synchrone Datenübertragung (Werkseinstellung)

Bei Auslieferung ist diese Übertragungsart eingestellt und die AP04 antwortet damit auf ein empfangenes SYNC-Telegramm mit der Ausgabe der TPDO-Nachricht.

Um die Prozessdaten synchron zu senden, muss im Objekt 1801h, Subindex 2 ein Wert zwischen 1 und 240 (=F0h) eingeschrieben werden.

Im synchronen Betrieb wird das PDO2 von einem Master über das SYNC-Telegramm angefordert (SYNC-COB-ID = 80h).

Soll der PDO2 über ein RTR-Telegramm angefordert werden, so muss in Objekt 1801h, Subindex 2 der Wert 253 (= FDh) eingeschrieben sein.

Asynchrone Datenübertragung

Soll ein PDO zyklisch gesendet werden, muss ins Objekt 1800h, Subindex 5 die Zykluszeit in Millisekunden eingetragen werden. Wird der Wert 0ms geschrieben, wird das PDO1 nicht gesendet. Die Funktion ist ausgeschaltet. Der minimal einzustellende Wert ist 1 (= 1 ms).

Vom Busmaster zur AP04 (Sollwert)

Mit Hilfe einer PDO-Übertragung vom Busmaster zur AP04 (RPDO) kann der Sollwert an die Anzeige übergeben werden. Es werden die folgenden PDO akzeptiert.

COB-ID	Prozessdaten im Binärcode			
11Bit	Byte 0 (LSB)	Byte 1	Byte 2	Byte 3 (MSB)
RPDO1: 200h+Node-ID RPDO2: 300h+Node-ID	Sollwert in 2er-Komplement-Darstellung			

Übertragung der SDO-Daten (Parametrierung)

Über eine SDO-Nachricht kann auf das Objektverzeichnis der Positionsanzeige zugegriffen werden. Alle Geräteparameter sind in diesem Objektverzeichnis unter genormten Adressen (Indizes) abgelegt und können mit SDO beschrieben und gelesen werden. SDO werden ausschließlich im „beschleunigten Anforderungs und Bestätigungs“ -Verfahren (expedited Request/Response) zwischen zwei Teilnehmern ausgetauscht.

Es stehen zwei SDO-Dienste zur Verfügung:

- SDO (tx) (AP04 ➡ Master): **580h** + Node-ID
- SDO (rx) (Master ➡ AP04): **600h** + Node-ID

Die SDO-Identifier können nicht verändert werden!

SDO-Nachrichten haben folgenden Aufbau:

COB-ID	Kommando	Index		Subindex	Servicedaten (Parameter)			
SDO + Node-ID	Byte 0 (read / write)	Byte 1 (LSB)	Byte 2 (MSB)	Byte 3	Byte 4 (LSB)	Byte 5	Byte 6	Byte 7 (MSB)

Die Bedeutung von Index, Subindex und Daten ist dem Abschnitt „6 Objektverzeichnis“ zu entnehmen.

Das Kommando-Byte legt die Länge der Servicedaten (Parameter) fest. Im Falle der AP04 sind die folgenden Kommandobytes gültig:

Kommandobyte	Art	Funktion
23h	SDO (rx), Initiate Download Request, expedited	Parameter an AP04 senden (Datenlänge = 4Byte)
2Bh	SDO (rx), Initiate Download Request, expedited	Parameter an AP04 senden (2Bytes von 4 Datenbytes gültig)
2Fh	SDO (rx), Initiate Download Request, expedited	Parameter an AP04 senden (1Bytes von 4 Datenbytes gültig)
60h	SDO (tx), Initiate Download Response	Bestätigung der Datenübernahme an den Master
40h	SDO (rx), Initiate Upload Request	Parameter von AP04 anfordern
42h	SDO (tx), Initiate Upload Response, expedited, unspecified number of bytes	Parameter an Master (Datenlänge = 4Byte)
80h	SDO (tx), Abort Domain Transfer	AP04 meldet Fehlercode an Master

- Eine Fehlermeldung (Kommando 80h) ersetzt im Fehlerfall die normale Bestätigung (Response),
- Die Fehlermeldung umfasst sowohl Kommunikations-Protokoll-Fehler als auch Objektverzeichnis-Zugriffsfehler (z. B. Schreibversuch auf Read-Only-Objekt, falscher Index, etc.).

Die Fehlercodes sind im CANopen-Profil (DS 301) bzw. im Encoder-Profil (DSP 406) beschrieben. Die in der AP04 verwendeten Fehlercodes zeigt nachfolgende Tabelle:

Fehlercode	Beschreibung
06010000h	Falscher Zugriff auf ein Objekt.
06010001h	Lesezugriff auf Write-Only.
06010002h	Schreibzugriff auf Read-Only.
06020000h	Objekt existiert nicht im Objektverzeichnis.
06070010h	Falscher Datentyp, Datenlänge falsch.
06090011h	Subindex existiert nicht.
06090030h	Wertebereich des gewählten Parameters falsch.
06090036h	Maximalwert ist kleiner als Minimalwert.
08000020h	Parameter können nicht zur Applikation übertragen oder gespeichert werden.
08000022h	Parameter können auf Grund des aktuellen Gerätestatus nicht zur Applikation übertragen oder gespeichert werden.

Beispiele SDO:

Anfrage eines Wertes von einem Master bei einem Slave ➡ Operating Status (Objekt 6500h):

COB-ID	Kommando	Index L	Index H	Subindex	Data 0	Data 1	Data 2	Data 3
600h + Node-ID	40h	00h	65h	00h	x	x	x	x

Antwort des Slaves auf die Anfrage:

COB-ID	Kommando	Index L	Index H	Subindex	Data 0	Data 1	Data 2	Data 3
580h + Node-ID	42h	00h	65h	00h	a	b	c	d

Schreiben eines Wertes vom Master zu einem Slave ➡ Objekt 1800, Subindex 5 (Event Timer):

COB-ID	Kommando	Index L	Index H	Subindex	Data 0	Data 1	Data 2	Data 3
600h + Node-ID	23h	00h	18h	05h	E8h	03h	00h	00h

Antwort des Slaves auf das Schreiben des Wertes:

COB-ID	Kommando	Index L	Index H	Subindex	Data 0	Data 1	Data 2	Data 3
580h + Node-ID	60h	00h	18h	05h	00h	00h	00h	00h

Emergency-Dienst

Interne Gerätefehler oder Busprobleme lösen eine „Notfall“ -Meldung („Emergency“ -Message) aus. Das Telegramm hierzu ist wie folgt aufgebaut:

COB-ID	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
80h + Node-ID	Error Code		Error Register	Alarms (Objekt 6503h)		Warnings (Objekt 6505h		00h

Steht im „Error Register“ der Wert „11h“, so ändert sich die Bedeutung der Bytes 3 – 6 im Emergency-Telegramm. Der Wert „11h“ zeigt Fehler an, die bei der Übertragung von Daten auf dem CAN-Bus aufgetreten sind (siehe Beschreibung „Error Codes). Hierbei ist der Geber in den Zustand „Error Passive“ eingetreten.

Verringert sich die Störbelastung auf dem CAN-Bus, so wechselt der Geber automatisch wieder in den normalen, als „Error Active“, bezeichneten Zustand. Im anderen Fall, wenn die Störbelastung weiterhin zunimmt, wechselt der Geber in den Zustand „Bus Off“ und führt daran anschließend einen Neustart durch, der durch eine „Boot-Up-Message“ und einer zusätzlichen „Emergency-Message“ (Byte3 und Byte4 = 0) gekennzeichnet wird.

Emergency-Message im Falle von Busstörungen:

COB-ID	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
80h + Node-ID	Error Code		Error Register	Transmit Error Counter	Receive Error Counter	00h	00h	00h

Wie bei den SDO-Fehlermeldungen sind auch dem EMERGENCY-Objekt vordefinierte Fehlermeldungen zugeordnet. Eine Teilmenge dieser im CAN Application Layer DS301 beschriebenen Fehlercodes wird von der AP04 verwendet. Diese sind in nachfolgender Tabelle beschrieben:

Byte 0 .. Byte 1: Error Code

Error Codes	Beschreibung
0000h	kein Fehler
8120h	Geber befindet sich im Error Passive Mode
8140h	recovered from Bus Off

Byte 2: Error Register

Bit Nr.	Beschreibung
0	Gesetztes Bit zeigt eine generelle Fehlerbedingung an; wird bei jedem auftretenden Fehler gesetzt.
4	Kommunikationsfehler; wird bei auftreten eines CANBus-Kommunikationsfehlers gesetzt (Acknowledgement-, Form-, CRC- und Stuff-Fehler).
8	Herstellerspezifischer Gerätefehler (Batterie leer)

Byte 3 ... Byte 4: Alarms

Bit Nr.	Beschreibung
0	Positionswert ungültig wenn Bit gesetzt (=1)
14	Batteriewarnung (Ladezustand kritisch)
15	Batteriealarm (Batterie leer)

Byte 5 ... Byte 6: Warnings

Bit Nr.	Beschreibung
4	Batteriezustand kritisch.

Byte 7: nicht benutzt

Netzwerkmanagement-Dienste (NMT)

Das Netzwerkmanagement kann in zwei Gruppen unterteilt werden:

- NMT-Dienst für die Gerätekontrolle; hiermit kann der Geber initialisiert, gestartet und gestoppt werden,
- NMT-Dienst Verbindungsüberwachung („Heartbeat“).

Beschreibung der NMT-Kommandos

Die Kommandos werden als unbestätigte Objekte (Broadcast-Meldungen) übertragen und sind wie folgt aufgebaut:

COB-ID	Byte 1	Byte 2
0h	Kommando Byte	Knotennummer (Node-ID)

Die COB-ID für NMT-Kommandos ist immer Null (höchste Priorität). Die Node-ID wird in Byte 2 des NMT-Kommandos übertragen.

Die Knotennummer entspricht der Node-ID des gewünschten Teilnehmers. Mit Knotennummer = 0 werden alle Busteilnehmer angesprochen.

Kommando Byte

Kommando Byte	Beschreibung	**Zustandsübergang** (siehe Zustandsdiagramm, Abb. 1)
01h	Start_Remote_Node; Wechsel von Zustand „Pre-Operational“ bzw. „Stopped“ in „Operational“	1
02h	Stop_Remote_Node; Wechsel in Zustand „Stopped“	2
80h	Enter_PRE-OPERATIONAL_State; Wechsel in Zustand „Pre-Operational“	3
81h	Re-Initialisierung CAN-Verbindung (Warmstart)	4
82h	Reset AP04 (Warmstart)	5

NMT-Status

Nach dem Initialisieren befindet sich der Geber im Zustand „Pre-Operational“. In diesem Zustand können per SDO Parameter gelesen und beschrieben werden. Um PDO’s anzufordern, muss der Geber zuerst in den Zustand „Operational“ geschaltet werden.

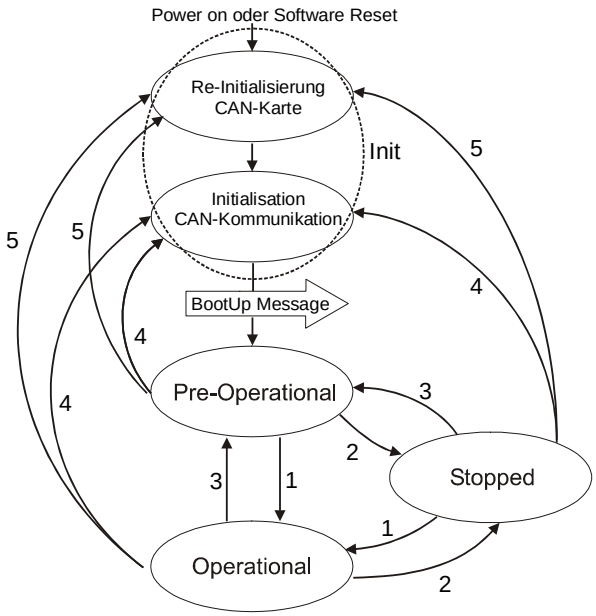


Abb. 1: CAN-Zustands-Diagramm

Die verschiedenen NMT-Zustände

Init:

Nach dem initialisieren meldet sich der Geber mit einer Boot-Up-Meldung am CAN-Bus an. Danach wechselt der Geber automatisch in den Zustand „Pre-Operational“.

Die COB-ID der Boot-Up-Meldung setzt sich aus 700h und der Node-ID zusammen.

COB-ID	Byte 0
700h + Node-ID	00h

Pre-Operational Mode:

Im Pre-Operational Mode können SDO gelesen und geschrieben werden.

Operational Mode:

Im Zustand Operational Mode sendet der Geber die gewünschten PDO. Zudem können SDO gelesen und geschrieben werden.

Stopped Mode:

Im Stopped Mode ist nur noch NMT-Kommunikation möglich. Es können keine SDO Parameter gelesen oder geschrieben werden.

Zustandswechsel

Bei allen folgenden Befehlen gilt: Wird die Knotennummer 0h gesendet gilt der Befehl für alle angeschlossenen Knoten.

Start Remote Node (1)

Mit dem „Start_Remote_Node“-Befehl wird der Geber in den Zustand „Operational Mode“ gebracht.

COB-ID	Kommando Byte	Knotennummer
0h	1h	0h .. 1Fh (0 .. 31)

Stop Remote Node (2)

Mit dem „Stop_Remote_Node“-Befehl wird der Geber in den Zustand „Stopped“ gebracht.

COB-ID	Kommando Byte	Knotennummer
0h	2h	0h .. 1Fh (0 .. 31)

Enter_PRE-OPERATIONAL-Mode (3)

In den Zustand „Pre-Operational“ wechseln.

COB-ID	Kommando Byte	Knotennummer
0h	80h	0h .. 1Fh (0 .. 31)

Re-Initialisierung CAN-Parameter (4)

COB-ID	Kommando Byte	Knotennummer
0h	81h	0h .. 1Fh (0 .. 31)

Re-Initialisierung CAN-Karte (5)

COB-ID	Kommando Byte	Knotennummer
0h	82h	0h .. 1Fh (0 .. 31)

Heartbeat

Zur Sicherstellung der Funktionsfähigkeit von CANopen-Netzknoten sind zwei optionale Überwachungsmechanismen vorgesehen: Ein Netzknoten kann über das sog. „Node-Guarding“ von einem übergeordneten NMT-Master überwacht werden oder alternativ seine Kommunikationsfähigkeit durch zyklisches Senden einer sog. „Heartbeat“-Nachricht bekannt geben.

Bei der AP04 ist ausschließlich das „Heartbeat“-Prinzip vorgesehen.

Diese Nachricht kann von einem oder mehreren anderen Netzteilnehmern empfangen werden und damit den zugeordneten Teilnehmer überwachen.

Im Objekt 1017h, „Producer Heartbeat Time“ kann die Zeit des Heartbeatintervalls hinterlegt werden. Ein Wert von 0 schaltet den Heartbeat ab.

Die Heartbeat-Meldung besteht aus der COB-ID und einem zusätzlichen Byte. In diesem Byte wird der aktuelle NMT-Zustand hinterlegt.

COB-ID	Byte 0
700h + Node-ID	NMT-Zustand

NMT-Zustand:

- 0: Boot-Up
- 4: Stopped
- 5: Operational
- 127: Pre-Operational

6. Objektverzeichnis

Im Objektverzeichnis eines CANopen-Gerätes sind alle Eigenschaften und Parameter dieses Gerätes abgelegt.

Bestimmte Parameter des Objektverzeichnisses sind spannungsausfallsicher in einem nicht-flüchtigen Speicher des Gebers hinterlegt und werden beim Power-On oder bei der Re-Initialisierung in den Arbeitsspeicher kopiert.

Der Zugriff auf das Objektverzeichnis erfolgt über die im Abschnitt „Übertragung der SDO-Daten (Parametrierung)“ beschriebenen SDO-Dienste.

Das Objektverzeichnis ist in drei verschiedene Bereiche gegliedert:

- Standardobjekte, die für alle CANopen-Geräte gültig sind, 1h .. 1FFFh, (CiA DS 301)
- Herstellerspezifische Objekte, 2000h .. 5FFFh
- Gerätespezifische Objekte, 6000h ... BFFFh, (CiA DS 406)

Die Adresse (Index), die auf jeden Eintrag im Objektverzeichnis zeigt, ist ebenfalls mit Ausnahme des Herstellerspezifischen Bereichs in den Profilen genormt. So ist sichergestellt, dass alle Geräte die im Profil beschriebenen Funktionen (Standard- und optionale Funktionen) immer unter dem gleichen Index liefern. Dies ist Voraussetzung für ein offenes System und für die Austauschbarkeit der Geräte.

Die Einträge im Objektverzeichnis werden durch einen 16 Bit Index adressiert. Jeder Index-Eintrag kann durch einen Sub-Index weiter untergliedert werden.

Objektübersicht

Index	Name	Beschreibung	*siehe Seite*
1000h	Device Type	gibt das Geräteprofil und den Gebertyp an	*23*
1001h	Error Register	zeigt Fehlerzustände des Gebers an	*24*
1002h	Manufacturer Status Register	zeigt den Inhalt der CAN-Bus-spezifischen „TransmitErrorConter“ bzw. „ReceiveErrorCounter“ und die Firmware-Version der AP04 an	*24*
1003h	Pre-Defined Error Field	das Objekt speichert die 8 zuletzt aufgetretenen Fehlerzustände	*25*
1005h	COB-ID SYNC Message	Einstellung der COB-ID des SYNC-Objektes	*25*
1008h	Manufacturer Device Name	Kurzbezeichnung des Gerätetyps	*25*
1009h	Manufacturer Hardware Version	Hardwareversion des Gebers	*26*

Index	Name	Beschreibung	*siehe Seite*
100Ah	Manufacturer Software Version	Softwareversion des Gebers	*26*
1010h	Store Parameters	Das Objekt zeigt an, dass der Geber Parameter ohne Benutzereingabe nichtflüchtig abspeichert	*26*
1011h	Restore Parameters	Das Objekt zeigt an, dass der Geber nichtflüchtig gespeicherte Parameter automatisch lädt.	*28*
1014h	COB-ID Emergency Object	COB-ID des Emergency-Objekts	*28*
1017h	Producer Heartbeat Time	Einstellung der Zykluszeit des Heartbeat-Timers	*29*
1018h	Identity Objekt	enthält die von CiA vergebene Herstellernummer und die Gerätevariante	*29*
1200h	Server SDO Parameter	SDO Parameter	*30*
1400h	Receive PDO1 Communication Parameter	Receive PDO für asynchrone Betriebsart	*30*
1401h	Receive PDO2 Communication Parameter	Receive PDO für synchrone Betriebsart	*31*
1600h	Receive PDO1 Mapping Parameter		*31*
1601h	Receive PDO2 Mapping Parameter		*32*
1800h	Transmit PDO1 Communication Parameter	Transmit PDO für asynchrone Betriebsart (Timergesteuert)	*32*
1801h	Transmit PDO2 Communication Parameter	Transmit PDO für synchrone Betriebsart, einschließlich Positionswertausgabe über RTR	*33*
1A00h	Transmit PDO1 Mapping Parameter		*34*
1A01h	Transmit PDO2 Mapping Parameter		*35*
2001h	Manufacturer Offset	Herstellerspezifischer Offsetwert (wird Geberintern zum Positionswert hinzuaddiert)	*35*
2002h	Geber Nullsetzen	Positionswert auf Wert 0 setzen (Voraussetzung: Presetwert = 0)	*36*
2003h	Freigabe für Nullsetzen	gibt an, ob das Nullsetzen des Positionswertes per Tastenbetätigung freigegeben ist	*36*
2004h	Freigabe für Kettenmaß	gibt an, ob setzen des Positionswertes als Kettenmaß per Tastenbetätigung freigegeben ist	*36*
5F09h	externer heartbeat timer	erwartete heartbeat Zykluszeit	*37*
5F0Ah	Node-ID	Node-ID, ! Änderung erst nach erneuter Initialisierung aktiv	*37*
5F10h	Zielfenster	max. Abweichung vom Sollwert, liegt Istwert innerhalb des Fensters gilt: Sollwert erreicht.	*37*
5F11h	Dezimalstellen	Anzahl der Nachkommastellen	*38*
5F12h	Displayausrichtung	0° oder 180°	*38*

Index	Name	Beschreibung	*siehe Seite*
	und LED	Funktion der LEDs	
5F13h	Anzeigendivisor		*38*
5F14h	Schleifenweite	Weite der Schleife	*39*
5F15h	Schleifenrichtung	Richtung aus welcher der Sollwert angefahren werden muss.	*39*
5F16h	Sollwert lesen	Aktueller Sollwert lesen; Schreibzugriff nur über PDO	*40*
5F18h	Ext. heartbeat Quelle	Signal mit welchem der ext. heartbeat getriggert wird	*41*
5F19h	Gerätestatus	Wird im PDO an den Positionswert angehängt	*41*
6000h	Operating Parameters	Einstellung von Drehrichtung und Skalierungsfunktion	*41*
6001h	Measuring units per Revolution	Parametrierung der Auflösung in Schritte / Umdrehung des Gebers	*42*
6002h	Total measuring range in measuring units	Parametrierung des Gesamtmessbereich des Gebers	*42*
6003h	Preset Value	Parametrierung eines Preset- (Kalibrier) Werts	*43*
6004h	Position Value	Positionswert (verrechnet mit Preset- und Manufacturer Offset-Wert)	*43*
6200h	Cycle Timer PDO1	Wert in ms, identisch mit Objekt 1800h, Subindex 5	*44*
6500h	Operating Status	zeigt die aktuell eingestellte Drehrichtung und Skalierungsfunktion an	*44*
6501h	Resolution	zeigt die maximal mögliche Auflösung in Schritten / Umdrehung an	*44*
6502h	Number of distinguishable Revolutions	zeigt die maximal mögliche Anzahl Umdrehungen an	*44*
6503h	Alarms	Anzeige von Fehlerzuständen	*45*
6504h	Supported Alarms	gibt an, welche Alarmmeldungen unterstützt werden	*45*
6505h	Warnings	Anzeige von Warnungen	*46*
6506h	Supported Warnings	gibt an, welche Warnungen unterstützt werden	*46*
6507h	Profile and Software Version	zeigt die Versionsnummer des verwendeten Geräteprofils und die Versionsnummer der Geber-Firmware an	*46*
6508h	Operating Time	gibt den Wert FFFFFFFFh aus (Funktion wird nicht unterstützt)	*47*
6509h	Offset Value	Entspricht dem Geber-Nullpunktwert	*47*
650Ah	Module Identification	über Subindizes sind Gerätespezifische Parameter darstellbar (Manufacturer Offset, Manufacturer min position value, Manufacturer max position value)	*47*
650Bh	Serial Number	gibt den Wert FFFFFFFFh aus (Funktion wird nicht unterstützt)	*48*

Detaillierte Objektbeschreibung

Objekt 1000h (Device Type)

Subindex	**00h**			
Beschreibung	Information über Gerätetyp und Geräteprofil			
Zugriff	ro			
Datentyp	UNSIGNED 32			
EEPROM	nein			
Default	00030196h			
Dateninhalt	Geräteprofil-Nummer		Gebertyp	
	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3
	96h	01h	03h	00h

0196h (= 406): CANopen Device Profile for Encoders, Version 3.01

0003h: Single Turn-Winkelkodierer, absolut, mit batteriegepuffertem elektronischem Umdrehungszähler

Objekt 1001h (Error Register)

Subindex	**00h**	
Beschreibung	Auftretende Gerätefehler werden hier angezeigt	
Zugriff	ro	
Datentyp	UNSIGNED 8	
EEPROM	nein	
Default	nein	
Dateninhalt	Bit	Bedeutung
	0	gesetztes Bit zeigt das Auftreten irgendeiner Fehlerbedingung an
	4	gesetztes Bit zeigt Kommunikationsfehler auf dem CAN-Bus an (Acknowledgement-, Form-, CRC- und Stuffbit-Fehler)
	1-3, 5-7	nicht verwendet

Objekt 1002h (Manufacturer Status Register)

Subindex	**00h**			
Beschreibung	Die Zählerstände der Register „Transmit Error Counter“ und „Receive Error Counter“ können über dieses Objekt gelesen werden. Die Inhalte dieser Register geben Aufschluss über die am Montageort des Gebers herrschenden Übertragungsstörungen.			
Zugriff	ro			
Datentyp	UNSIGNED 32			
EEPROM	nein			
Default	00110000h			
Dateninhalt	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3
	Receive Error Counter	Transmit Error Counter		

Details zu den genannten Zählern sind den einschlägigen CAN-Bus-Publikationen zu entnehmen.

Objekt 1003h (Pre-defined Error Field)

- Dieses Objekt speichert die 8 zuletzt aufgetretenen Fehlerzustände.
- Der Eintrag unter Subindex 0 zeigt die Anzahl der gespeicherten Fehler an.
- Jeder neu hinzugekommene Fehlerzustand wird unter Subindex 1 gespeichert. Vorangegangene Fehlermeldungen rutschen in der Position um eine Stelle nach unten.
- Die gesamte Fehlerliste wird durch Schreiben des Wertes 0 bei Subindex 0 gelöscht.
- Die Einträge in der Fehlerliste besitzen das Format wie unter „Emergency-Dienst“ beschrieben.

Subindex	**00h**
Beschreibung	Anzahl der gespeicherten Fehlermeldungen
Zugriff	rw (beschreibbar im Zustand „Pre-Operational“ und „Operational“)
Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	nein
Default	0
Wertebereich	0 – 8

Subindex	**01h .. 08h**
Beschreibung	Aufgetretene Fehlermeldungen
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 32
EEPROM	nein
Default	0

Objekt 1005h (COB-ID SYNC message)

Subindex	**00h**	
Beschreibung	Definiert die COB-ID des Synchronisations Objekts (SYNC)	
Zugriff	rw (beschreibbar nur im Zustand „Pre-Operational“)	
Datentyp	UNSIGNED 32	
EEPROM	ja	
Default	80h	
Dateninhalt	Bit 31	nicht definiert
	Bit 30	0: Geber generiert keine SYNC-Meldung, 1: Geber generiert SYNC-Meldungen
	Bit 29	0: 11Bit-Identifier (CAN 2.0A) 1: 29Bit-Identifier (CAN 2.0B) ! nicht unterstützt !
	Bit 28..11	0: falls Bit 29 = 0
	Bit 10..0	X: Bits 10 – 0 des SYNC-COB-ID

Objekt 1008h (Manufacturer Device Name)

Subindex	**00h**

Beschreibung	Geberkurzbezeichnung in ASCII			
Zugriff	const			
Datentyp	Visible_String			
EEPROM	nein			
Default	AP04			
Dateninhalt	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3
	41h (‚A')	50h (‚P')	30h (‚0')	34h (‚4')

Objekt 1009h (Manufacturer Hardware Version)

Subindex	**00h**			
Beschreibung	Hardwareversion in ASCII			
Zugriff	const			
Datentyp	Visible_String			
EEPROM	nein			
Default	„V002“			
Dateninhalt	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3
	56h (‚V')	30h (‚0')	30h (‚0')	32h (‚2')

Objekt 100Ah (Manufacturer Software Version)

Subindex	**00h**			
Beschreibung	Softwareversion in ASCII			
Zugriff	const			
Datentyp	Visible_String			
EEPROM	nein			
Default	„V016“			
Dateninhalt	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3
	56h (‚V')	30h (‚0')	31h (‚1')	36h (‚6')

Objekt 1010h (Store Parameters)

Dieses Objekt dient lediglich als Hinweis, dass der Geber bestimmte Parameter automatisch ins interne EEPROM abspeichert. Das „Store-Parameter“-Kommando ist zur Speicherung nicht nötig!

Subindex	**00h**
Beschreibung	beschreibt die Anzahl der in Subindex 1 stehenden Einträge
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	nein
Default	1h
Subindex	**01h**
Beschreibung	beschreibt das Verhalten des Gebers, wie Parameter im EEPROM abgespeichert werden.

Zugriff	ro	
Datentyp	UNSIGNED 32	
EEPROM	nein	
Default	2h	
Dateninhalt	Bit 31-2	0
	Bit 1	0: Geber speichert Parameter nicht automatisch 1: Geber speichert Parameter automatisch nach Schreibzugriff auf entsprechendes Objekt
	Bit 0	0: Geber speichert Parameter nicht per Befehl 1: Geber speichert Parameter auf Kommando

Die Parameter, welche nicht-flüchtig im EEPROM gespeichert werden, sind in nachfolgender Tabelle dargestellt:

Objekt	Subindex	Beschreibung	Defaultwert
1005h	0h	SYNC-ID	80h
1014h	0h	EMCY-ID	80h + Node-ID
1017h	0h	Producer Heartbeat Time	0h
1400h	1h	RPDO1-ID	40000200h + Node-ID
1401h	1h	RPDO2-ID	40000300h + Node-ID
1800h	1h	TPDO1-ID	40000180h + Node-ID
1800h	5h	PDO1 Event Timer	0h
1801h	1h	PDO2-ID	80000280h + Node-ID
1801h	2h	PDO2 Transmission Type	1h
2001h	0h	Manufacturer Offset	0h
2003h	0h	Freigabe für Nullsetzen	1h
2004h	0h	Freigabe für Kettenmaß	1h
5F09h	0h	Externer heartbeat timer	0h
5F0Ah	0h	Node-ID	1h
5F10h	0h	Zielfenster	5h
5F11h	0h	Nachkommastellen	0h
5F12h	0h	Displayausrichtung / LED	300h
5F13h	0h	Anzeigendivisor	0h
5F14h	0h	Schleifenumkehrpunkt	0h
5F15h	0h	Schleifenrichtung	0h
5F18h	0h	Externer heartbeat Quelle	0h
6000h	0h	Operating Status	0h
6001h	0h	Auflösung	720
6002h	0h	Gesamtmessbereich	+/-5242320
6003h	0h	Presetwert	0h
6200h	0h	PDO1 Event Timer	siehe Objekt 1800-5

Objekt 1011h (Load Default Parameters)

Über dieses Objekt wird der Geber auf seine Default-Werte gesetzt (siehe *5.2.9*). Um eine gewisse Sicherheit gegen unbeabsichtigtes laden der Defaultwerte zu haben, muss in Subindex 1h der String „load“ geschrieben werden:

COB-ID	Kommando	Index Low	Index High	Subindex	Data 0 (LSB)	Data 1	Data 2	Data 3 (MSB)
600h+ Node-ID	23h	11h	10h	01h	‚l‘ (6Ch)	‚o‘ (6Fh)	‚a‘ (61h)	‚d‘ (64h)

Ein Lesezugriff auf die entsprechenden Subindizes ergibt die nachfolgend dargestellten Werte:

Subindex	**00h**
Beschreibung	zeigt den größten, unterstützten Subindex an
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	nein
Default	1h

Subindex	**01h**	
Beschreibung	Es werden alle Default-Werte, außer Node-ID und Baudrate geladen	
Zugriff	rw (beschreibbar im Zustand „Pre-Operational“ und „Operational“)	
Datentyp	UNSIGNED 32	
EEPROM	nein	
Default	0h	
Dateninhalt	Bit 31-1	0
	Bit 0	0: Geber lässt ein Laden der Default-Parameter nicht zu. 1: Geber lässt das Laden der Default-Parameter zu.

Objekt 1014h (COB-ID Emergency Object)

Subindex	**00h**	
Beschreibung	Definiert die COB-ID des Emergency Objekts (EMCY)	
Zugriff	rw (beschreibbar nur im Zustand „Pre-Operational“)	
Datentyp	UNSIGNED 32	
EEPROM	ja	
Default	80h + Node-ID	
Dateninhalt	Bit 31	0: EMCY-Objekt existiert / ist gültig 1: EMCY-Objekt existiert nicht / ungültig
	Bit 30	immer 0
	Bit 29	0: 11Bit-Identifier (CAN 2.0A) 1: 29Bit-Identifier (CAN 2.0B) ! nicht unterstützt !

	Bit 28..11	0: falls Bit 29 = 0
	Bit 10..0	X: Bits 10 – 0 des EMCY-COB-ID

Objekt 1017h (Producer Heartbeat Time)

Subindex	**00h**
Beschreibung	definiert die Zykluszeit des Heartbeat-Überwachungsdienstes
Zugriff	rw (beschreibbar im Zustand „Pre-Operational“ und „Operational“)
Datentyp	UNSIGNED 16
EEPROM	ja
Default	0h
Wertebereich	10 .. 65535 (Ah .. FFFFh); Der Zahlenwert entspricht einem Vielfachen von 1 ms. Der Wert 0 schaltet den Dienst aus. Werte im Bereich 1 ... 9 lösen eine Fehlermeldung aus!

Objekt 1018h (Identity Object)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Anzahl Einträge
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	nein
Default	2h

Subindex	**01h**
Beschreibung	von der CiA vergebene Hersteller-Identifikationsnummer (Vendor-ID) für die Fa. SIKO GmbH (siehe www.can-cia.org)
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 32
EEPROM	nein
Default	195h

Subindex	**02h**
Beschreibung	zeigt in ASCII-codiert die Anzeigenvariante an.
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 32
EEPROM	nein

Default	„CAN”			
Dateninhalt	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3
	43h (‚C‘)	41h (‚A‘)	4Eh (‚N‘)	00h

Objekt 1200h (Server SDO Parameter)

Subindex	**00h**
Beschreibung	größter unterstützter Subindex
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	nein
Default	2h

Subindex	**01h**
Beschreibung	COB-ID Client -> Server (rx)
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 32
EEPROM	ja
Default	00000600h + Node-ID

Subindex	**02h**
Beschreibung	COB-ID Server -> Client (tx)
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	nein
Default	00000580h + Node-ID

Objekt 1400h (Receive PDO1 Parameter, asynchrone Betriebsart)

Subindex	**00h**
Beschreibung	größter unterstützter Subindex
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	nein
Default	2h
Subindex	**01h**
Beschreibung	COB-ID des RPDO1
Zugriff	rw
Datentyp	UNSIGNED 32
EEPROM	ja

Default	40000200h + Node-ID	Bit30 = 1: RTR für diesen PDO nicht freigegeben, Bit ist immer gesetzt

Subindex	**02h**
Beschreibung	Transmission Type
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	nein
Default	FFh (255) nicht änderbar, Update bei Empfang des PDO

Objekt 1401h (Receive PDO2 Parameter, synchrone Betriebsart)

Subindex	**00h**
Beschreibung	größter unterstützter Subindex
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	nein
Default	2h

Subindex	**01h**	
Beschreibung	COB-ID des RPDO2	
Zugriff	rw	
Datentyp	UNSIGNED 32	
EEPROM	ja	
Default	40000300h + Node-ID	Bit30 = 1: RTR für diesen PDO nicht freigegeben, Bit ist immer gesetzt

Subindex	**02h**
Beschreibung	Transmission Type
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	nein
Default	FFh (255) nicht änderbar, Update bei Empfang des PDO

Objekt 1600h (Receive PDO1 Mapping Parameter)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Anzahl der gemappten Objekte
Zugriff	ro

Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	nein
Default	1h

Subindex	**01h**
Beschreibung	Beschreibt den Inhalt der PDO1-Meldung
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 32
EEPROM	nein
Default	5F160020h (Objekt 5F16h, 32bit)

Objekt 1601h (Receive PDO2 Mapping Parameter)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Anzahl der gemappten Objekte
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	nein
Default	1h

Subindex	**01h**
Beschreibung	Beschreibt den Inhalt der PDO2-Meldung
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 32
EEPROM	nein
Default	5F160020h (Objekt 5F16h, 32bit)

Objekt 1800h (Transmit PDO1 Parameter, asynchrone Betriebsart)

Subindex	**00h**
Beschreibung	größter unterstützter Subindex
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	nein
Default	5h

Subindex	**01h**
Beschreibung	COB-ID des PDO1
Zugriff	rw (beschreibbar nur im Zustand „Pre-Operational“)
Datentyp	UNSIGNED 32

EEPROM	ja
Default	40000180h + Node-ID Bit30 = 1: RTR für diesen PDO nicht freigegeben, Bit ist immer gesetzt

Subindex	**02h**
Beschreibung	Transmission Type
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	nein
Default	FEh (254) PDO hat asynchrone Charakteristik (PDO's werden in Abhängigkeit vom „Event Timer" gesendet). Dieser Wert ist nicht änderbar!

Subindex	**03h (wird nicht verwendet, Zugriff erzeugt Fehlermeldung)**

Subindex	**04h (wird nicht verwendet, Zugriff erzeugt Fehlermeldung)**

Subindex	**05h**
Beschreibung	Event Timer
Zugriff	rw (beschreibbar nur im Zustand „Pre-Operational")
Datentyp	UNSIGNED 16
EEPROM	ja
Wertebereich	0 .. 65535 (1h .. FFFFh); Der Zahlenwert entspricht einem Vielfachen von 1 ms. Durch schreiben des Wertes 0 wird der Dienst ausgeschaltet. Der Inhalt dieses Objektes ist identisch mit dem Objekt 6200h. Wird der Wert bei laufendem timer geändert, so wird die Laufzeit erst beim nächsten Ablauf des timers gültig.

Objekt 1801h (Transmit PDO2 Parameter, synchrone Betriebsart)

Subindex	**00h**
Beschreibung	größter unterstützter Subindex
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	nein
Default	5h

Subindex	**01h**
Beschreibung	COB-ID des PDO2
Zugriff	rw (beschreibbar nur im Zustand „Pre-Operational")
Datentyp	UNSIGNED 32

EEPROM	ja
Default	00000280h + Node-ID

Subindex	**02h**
Beschreibung	Transmission Type
Zugriff	rw (beschreibbar nur im Zustand „Pre-Operational“)
Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	ja
Default	1h PDO hat synchrone Charakteristik;
Wertebereich	1h … F0h (240) auf jedes SYNC-Kommando wird das PDO gesendet FDh (253): Geber antwortet auf RTR-Anforderung.

Subindex	**03h (wird nicht verwendet, Zugriff erzeugt Fehlermeldung)**

Subindex	**04h (wird nicht verwendet, Zugriff erzeugt Fehlermeldung)**

Subindex	**05h (wird nicht verwendet, Zugriff erzeugt Fehlermeldung)**

Objekt 1A00h (Transmit PDO1 Mapping Parameter)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Anzahl der gemappten Objekte
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	nein
Default	2h

Subindex	**01h**
Beschreibung	Beschreibt den 1. Teil (Datenbyte 0 bis 3) der PDO1-Meldung
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 32
EEPROM	nein
Default	60040020h (Objekt 6004h, 32bit) Positionswert

Subindex	**02h**
Beschreibung	Beschreibt den 2. Teil (Datenbyte 4) der PDO1-Meldung
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 8

EEPROM	nein
Default	5F190008h (Objekt 5F19h, 8bit) AP04-Status

Objekt 1A01h (Transmit PDO2 Mapping Parameter)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Anzahl der gemappten Objekte
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	nein
Default	2h

Subindex	**01h**
Beschreibung	Beschreibt den 1. Teil (Datenbyte 0 bis 3) der PDO2-Meldung
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 32
EEPROM	nein
Default	60040020h (Objekt 6004h, 32bit) Positionswert

Subindex	**02h**
Beschreibung	Beschreibt den 2. Teil (Datenbyte 4) der PDO2-Meldung
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	nein
Default	5F190008h (Objekt 5F19h, 8bit) AP04-Status

Objekt 2001h (Manufacturer Offset)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Mit dem Offset ist es möglich, den skalierten Wertebereich zu verschieben. Der Offsetwert wird im Geber zum Positionswert hinzuaddiert. Es sind sowohl positive als auch negative Werte zugelassen. Positionswert = Messwert + Kalibrierwert + Offsetwert
Zugriff	rw
Datentyp	SIGNED 32
EEPROM	ja
Default	0h
Wertebereich	Der minimale bzw. maximale einzugebende Wert hängt von den in Objekt 650Ah, Subindex 2 bzw. Subindex 3 eingetragenen Werten ab. Diese bestimmen sich wiederum aus dem parametrierten Wert der Gesamtschritt-zahl: unterer_Grenzwert = - 1/2 Gesamtschrittzahl = -5242880, oberer_Grenzwert = 1/2 Gesamtschrittzahl – 1 = 5242779

	-5242880 < Offset < 5242779

Objekt 2002h (Geberwert Nullsetzen)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Mit diesem Objekt ist es möglich den Messwert zu „nullen“. Positionswert = Messwert + Kalibrierwert + Offsetwert
Zugriff	rw (beschreibbar im Zustand „Pre-Operational“ und „Operational“)
Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	nein
Default	nein
Wertebereich	0 .. 1; schreiben des Wertes 1 auf Subindex 0 setzt den Positionswert auf 0. Bei einem Lesezugriff wird eine 1 zurückgemeldet wenn zuvor genullt wurde.

Beispiel:

Messwert = 214; Kalibrierwert = 400; Offsetwert = 0
ergibt Positionswert = 614 (siehe Objekt 6004h)

COB-ID	Kom-mando	Index Low	Index High	Subindex	Data 0 (LSB)	Data 1	Data 2	Data 3 (MSB)
600h+ Node-ID	23h	02h	20h	00h	01h	00h	00h	00h

Messwert = 0
ergibt Positionswert = 400

Diese Funktion ist unabhängig von der Freigabe Nullsetzen per Tastatur (Objekt 2003h)

Objekt 2003h (Freigabe Geberwert per Tastatur Nullsetzen)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Mit diesem Objekt wird das Nullsetzen per ✱ -Taste freigegeben.
Zugriff	rw (beschreibbar im Zustand „Pre-Operational“ und „Operational“)
Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	ja
Default	nein
Wertebereich	0: Nullsetzen per ✱ -Taste gesperrt 1: Nullsetzen per ✱ -Taste freigegeben

Objekt 2004h (Freigabe Kettenmaß)

Subindex	**00h**

Beschreibung	Mit diesem Objekt wird das Einschalten der Kettenmaßfunktion per ⬆ -Taste freigegeben.
Zugriff	rw (beschreibbar im Zustand „Pre-Operational“ und „Operational“)
Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	ja
Default	nein
Wertebereich	0: Kettenmaßfunktion per ⬆ -Taste gesperrt 1: Kettenmaßfunktion per ⬆ -Taste freigegeben

Objekt 5F09h (Externer Heartbeat Timer)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Ist hier ein Wert größer Null eingetragen, wird von der AP04 in diesem Intervall ein Ereignis (siehe Objekt 5F18h) erwartet. Trifft kein solches Ereignis ein, fällt die AP04 in den Zustand „Pre-Operational“.
Zugriff	rw (beschreibbar im Zustand „Pre-Operational“ und „Operational“)
Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	ja
Default	0h
Wertebereich	0 .. 65535 (0h .. FFFFh); Der Zahlenwert entspricht einem Vielfachen von 1 ms. Durch schreiben des Wertes 0 wird die Funktion ausgeschaltet.

Objekt 5F0Ah (Node-ID)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Node-ID der AP04
Zugriff	rw (beschreibbar im Zustand „Pre-Operational“ und „Operational“) Erst nach einer Reinitialisierung der Kommunikation oder Power-Up ist die hier eingestellte ID gültig.
Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	ja
Default	0h
Wertebereich	1 .. 127 (1h .. 7Fh)

Objekt 5F10h (Zielfenster)

Subindex	**00h**
Beschreibung	max. gültige Abweichung vom Sollwert; liegt Istwert innerhalb des Fensters gilt: Sollwert erreicht.
Zugriff	rw (beschreibbar im Zustand „Pre-Operational“ und „Operational“)

Datentyp	UNSIGNED 32
EEPROM	ja
Default	5h
Wertebereich	0 ... 4.294.967.296 (0h … FFFFFFFFh)

Objekt 5F11h (Nachkommastellen)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Anzahl der Nachkommastellen
Zugriff	rw (beschreibbar im Zustand „Pre-Operational“ und „Operational“)
Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	ja
Default	0h
Wertebereich	0 ... 4 (0h … 4h)

Objekt 5F12h (Displayausrichtung und LED)

Subindex	**00h**			
Beschreibung	Ausrichtung des Displays 0° oder 180° zusätzlich Funktionalität der LED			
Zugriff	rw (beschreibbar im Zustand „Pre-Operational“ und „Operational“)			
Datentyp	UNSIGNED 32			
EEPROM	Grundfunktionen ja			
Default	768 (300h)			
Wertebereich	0 ... 14516 (38B4h)			
Dateninhalt	reserviert für spätere Verwendung		LED	Display
	Byte 3	Byte 2	Byte 1	Byte 0
	00h	00h	0 … 56	0 oder 180 (B4h)

Codierung	Byte 0: Display	0h: 0° B4h: 180°
	Byte 1: LED	bit 0 = 0: LED grün AUS bit 0 = 1: LED grün EIN bei Position im Zielfenster bit 1 = 0: LED rot AUS bit 1 = 1: LED rot EIN bei Position außerhalb des Zielfensters bit 3 = 1: LEDs blinken wenn EIN bit 4 = 1: LED grün EIN unabhängig vom Zielfenster bit 5 = 1: LED rot EIN unabhängig vom Zielfenster Nur die bits 0 … 3 werden nichtflüchtig gespeichert

Objekt 5F13h (Anzeigendivisor)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Anzeigendivisor
Zugriff	rw (beschreibbar im Zustand „Pre-Operational“ und „Operational“)

Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	ja
Default	1h
Wertebereich	0 … 3 (0h … 3h) 0: Anzeige des Positionswertes: „10000“ 1: Anzeige des Positionswertes: „1000“ 2: Anzeige des Positionswertes: „100“ 3: Anzeige des Positionswertes: „10

Objekt 5F14h (Schleifenweite)

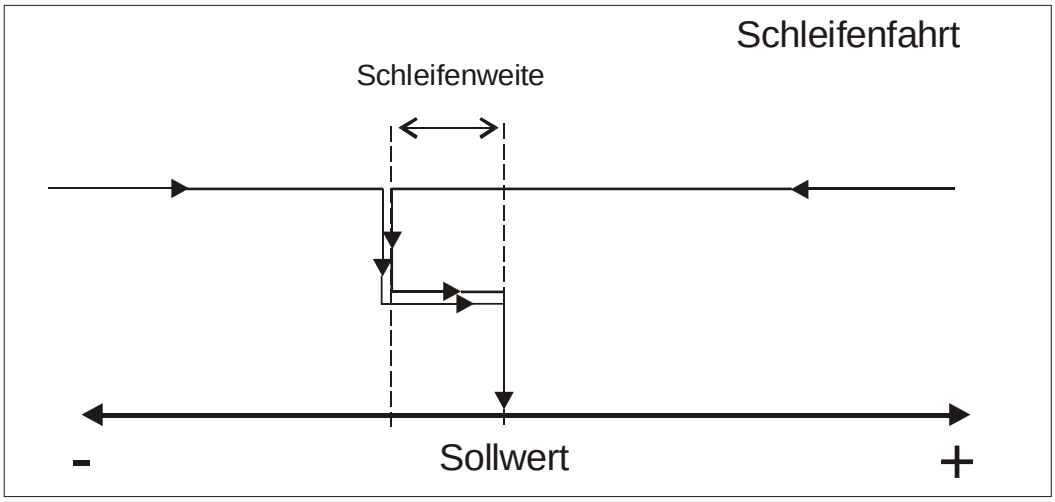
Subindex	**00h**
Beschreibung	Schleifenweite; um diesen Wert wird der Sollwert bei Schleifenfahrt überfahren.
Zugriff	rw (beschreibbar im Zustand „Pre-Operational“ und „Operational“)
Datentyp	UNSIGNED 32
EEPROM	ja
Default	0h
Wertebereich	0 ... 4.294.967.296 (0h … FFFFFFFFh)

Beschreibung der Schleifenfahrt siehe Objekt 5F15h Schleifenfahrt.

Objekt 5F15h (Schleifenrichtung)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Schleifenrichtung; Sollwert wird in dieser Richtung angefahren.
Zugriff	rw (beschreibbar im Zustand „Pre-Operational“ und „Operational“)
Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	ja
Default	524944h
Wertebereich	0h ... 524944h 0h: direkt (write) 45h: = ASCII „E“ entgegen dem Uhrzeigersinn 49h: = ASCII „I“ im Uhrzeigersinn 524944h: =ASCII „DIR“ direkt (Antwort auf read)

Beim Betrieb der AP04 an einer Spindel besteht die Möglichkeit das Spindelspiel mit Hilfe der Schleifenpositionierung auszugleichen.
Hierbei erfolgt die Anfahrt des Sollwertes immer von der gleichen Richtung.



Beispiel:
Drehrichtung = „I“ d. h. bei Drehung im Uhrzeigersinn erhöht sich der Positionswert (Objekt 6000h Bit 0 = 0)
Schleifenweite = 100 (Objekt 5F14h = 100)
Richtung in der jede Sollposition angefahren werden soll ist: *Im* Uhrzeigersinn (Objekt 5F15h = „I“)
aktueller Positionswert = 1000

- Fall 1 ⇒ neuer Sollwert = 1500

  Die Sollposition wird direkt angefahren

- Fall 2 ⇒ neuer Sollwert = 500

  Die Positionierhilfe (Pfeile) der AP04 verlangt, dass die Sollposition (500) um die Schleifenweite (Objekt 5F14h) überfahren wird. Ist die Schleifensollposition (400 = Sollposition – Schleifenweite) erreicht kehren sich die Positionierpfeile um und die Sollposition 500 kann angefahren werden.

Objekt 5F16h (Sollwert lesen)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Sollwert lesen
Zugriff	rw (beschreibbar im Zustand „Pre-Operational“ und „Operational“) Schreibzugriff nur über PDO
Datentyp	UNSIGNED 32
EEPROM	nein
Default	0h
Wertebereich	0 ... 4.294.967.296 (0h … FFFFFFFFh)

Der Versuch, auf dieses Objekt per SDO zu schreiben, wird mit einer Fehlermeldung beantwortet (Fehlercode: 06010000h).

Objekt 5F18h (Externe Heartbeat Quelle)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Ereignis, welches den externen heartbeat timer (Objekt 5F09h) triggert
Zugriff	rw (beschreibbar im Zustand „Pre-Operational“ und „Operational“)
Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	ja
Default	0h
Wertebereich	0 ... 1 0: Timer wird bei Empfang eines PDO getriggert 1: Timer wird bei Empfang eines sync getriggert

Objekt 5F19h (AP04-Status)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Das Statusbyte gibt Auskunft über den aktuellen Zustand des AP04.
Zugriff	ro (lesbar nur im PDO im Zustand „Pre-Operational“ und „Operational“)
Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	ja
Default	0h
Wertebereich	0 ... 2Fh

Die Bits des Statusbytes haben folgende Bedeutung:

Bit	**7**	**6**	**5**	**4**	**3**	**2**	**1**	**0**
0 1	-	-	„<“ aus „<“ ein	„>“ aus „>“ ein	Kettenmaß = 0 Kettenmaß = set	Batt. ok Batt.warn	IST < SOLL IST > SOLL	Not IN-POS IN-POS

Der Versuch, auf dieses Objekt zu schreiben, wird mit einer Fehlermeldung beantwortet (Fehlercode: 06010000h).

Objekt 6000h (Operating Parameters)

Subindex	**00h**				
Beschreibung	Über dieses Objekt wird die Drehrichtung des Gebers und die Skalierungs-funktion beeinflusst.				
Zugriff	rw (beschreibbar im Zustand „Pre-Operational“ und „Operational“)				
Datentyp	UNSIGNED 16				
EEPROM	ja				
Default	0h				
Bitdefinition		Bit 14 .. Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
	Funktion	nicht verwendet	Skalierung	nicht verwendet	Drehrichtung
	Bit = 0	-	gesperrt	-	im Uhrz. I (CW)
	Bit = 1	-	freigegeben	-	entgegen Uhrz. E (CCW)

Erläuterungen zu den Funktionen:

Drehrichtung I:	aufsteigende Positionswerte bei Drehung des Gebers ***I***m Uhrzeigersinn (Clockwise, CW, Blick auf Display),
Drehrichtung E:	aufsteigende Positionswerte bei Drehung des Gebers ***E***ntgegen dem Uhrzeigersinn (Counter Clockwise, CCW, Blick auf Display)
Skalierung gesperrt:	Der Geber arbeitet mit seiner eingestellten APU (Anzeige pro Umdrehung bzw. Measuring units per revolution). Ein Versuch die APU mit Hilfe des Objektes 6001h zu ändern wird mit einer Fehlermeldung beantwortet.
Skalierung freigegeben:	Die APU (Objekt 6001h) kann parametriert werden.

Objekt 6001h (Anzeige pro Umdrehung, APU)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Dieser Parameter stellt die gewünschte Auflösung pro Umdrehung ein. (max. 720 Inkremente pro Umdrehung)
Zugriff	rw (beschreibbar im Zustand „Pre-Operational“ und „Operational“, wenn das „Scaling Bit [siehe Objekt 6000h] gesetzt ist)
Datentyp	UNSIGNED 32
EEPROM	ja
Default	720
Wertebereich	1 … FFFFFFFFh

Beispiel:

APU = 400; Position = 0;
Wird die Welle um eine Umdrehung bewegt, so beträgt die neue Position 400

Objekt 6002h (Total Measuring Range [Gesamtschrittzahl])

Subindex	**00h**
Beschreibung	Dieser Parameter stellt die Gesamtanzahl der Messschritte dar. (Anzahl der zählbaren Umdrehungen mal eingestellte APU)
Zugriff	ro (lesbar im Zustand „Pre-Operational“ und „Operational“)
Datentyp	UNSIGNED 32
EEPROM	nein
Default	5242320
Wertebereich	7281 … 4294967295 (FFFFFFFFh)

Der Versuch, auf dieses Objekt zu schreiben, wird mit einer Fehlermeldung beantwortet (Fehlercode: 06010002h).

Objekt 6003h (Preset value)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Der Positionswert des Gebers wird bei Nullsetzen auf diesen Preset-(Kalibrier-)Wert eingestellt. Positionswert = Messwert + Kalibrierwert + Offsetwert siehe Objekt 6004h
Zugriff	rw (beschreibbar im Zustand „Pre-Operational“ und „Operational“)
Datentyp	SIGNED 32
EEPROM	ja
Default	0h
Wertebereich	0 ... 4.294.967.296 (0h … FFFFFFFFh)

Objekt 6004h (Position value)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Dieses Objekt liefert den mit Skalierungsfaktoren, Preset- und Manufacturer Offset verrechneten Positionswert des Gebers.
Zugriff	ro
Datentyp	SIGNED 32
EEPROM	nein

Der Positionswert der AP04 berechnet sich nach folgender Formel:

*Positionswert = (Geberwert - Gebernullungswert)*RF + Presetwert + Manufacturer Offset*

Geberwert: von der Gebersensorik ermittelter Absolutwert,

Gebernullungswert: Absolutwert zum Zeitpunkt der Nullung,

RF: Rechen- (Skalierungs-) Faktor = APU / 720,

Presetwert: siehe Objekt 6003h,

Manufacturer Offset: siehe Objekt 2001h

Der Gesamtmessbereich wird bei der AP04 in einen negativen und positiven Wertebereich aufgeteilt:

-1/2 Gesamtmessbereich .. 0 .. +1/2 (Gesamtmessbereich – 1)

Die Darstellung des Positionswertes erfolgt demzufolge im 2er-Komplementformat in einer vorzeichenbehafteten 32 Bit-Zahl.

Objekt 6200h (Zyklus Timer)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Definiert die Zykluszeit, mit welcher der PDO1 ausgegeben wird. Der Wert ist fest mit dem unter Objekt 1800h, Subindex 5 angegebenen Wert verknüpft (identisch). Die Timer-gesteuerte Ausgabe wird aktiv, sobald eine Zykluszeit innerhalb des Wertebereichs parametriert wurde und der Geber in den Operational Mode geschaltet wurde.
Zugriff	rw (beschreibbar im Zustand „Pre-Operational“ und „Operational“)
Datentyp	UNSIGNED 16
EEPROM	nein
Default	0h
Wertebereich	0: Zyklustimer ist ausgeschaltet, 1 .. 65535: Zykluszeit in ms

Objekt 6500h (Operating Status)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Das Objekt zeigt die mit Objekt 6000h programmierten Einstellungen an. (Drehrichtung, Freigabe Skalierung)
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 16
EEPROM	ja
Default	nein
Bit Definition	siehe Objekt 6000h

Objekt 6501h (Single Turn Resolution)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Das Objekt zeigt die maximal mögliche Auflösung des Gebers an.
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 32
EEPROM	nein
Default	720

Objekt 6502h (Number of distinguishable revolutions)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Das Objekt zeigt die maximal mögliche Anzahl Umdrehungen des Gebers an.
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 16
EEPROM	nein
Default	7281

Objekt 6503h (Alarms)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Zusätzlich zu den Fehlern, die über die Emergency-Messages gemeldet werden, bietet dieses Objekt weitere, Geberspezifische Fehlermeldungen. Im Fehlerfall wird das zugehörige Bit auf 1 gesetzt.
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 16
EEPROM	nein
Default	0h

Bitdefinition:

Bit	Funktion	Wert = 0	Wert = 1
0	Positionsfehler	kein Fehler	Positionswert ungültig
1 … 11	nicht verwendet	-	-
12	Batteriewarnung	Batteriespannung OK	Batteriespannung nähert sich dem untersten, tolerierbaren Wert
13	Batteriefehler	Batteriespannung OK bzw. im noch tolerierbaren Bereich	Batterie ist entladen
14 … 15	nicht verwendet		

Objekt 6504h (Supported Alarms)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Das Objekt zeigt an, welche Alarmmeldungen unterstützt werden. Die entsprechenden Bits sind dabei gesetzt.
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 16
EEPROM	nein
Default	3001h

Bit 0: Positionsfehler

Bit 12: Batteriewarnung

Bit 13: Batteriealarm

Objekt 6505h (Warnings)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Warnmeldungen zeigen an, dass Toleranzen interner Geberparameter überschritten sind. Bei einer Warnmeldung kann der Positionswert, anders als bei einer Alarmmeldung, trotzdem gültig sein.
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 16
EEPROM	nein
Default	0h

Bitdefinition:

Bit	Funktion	Wert = 0	Wert = 1
0 .. 3	nicht verwendet	-	-
4	Batteriewarnung	Batteriespannung OK	Batteriespannung nähert sich dem untersten, tolerierbaren Wert
5 ... 15	nicht verwendet	-	-

Objekt 6506h (Supported Warnings)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Das Objekt zeigt an, welche Warnmeldungen unterstützt werden.
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 16
EEPROM	nein
Default	0010h

Bit 4: Batterie Warnung wird unterstützt

Objekt 6507h (Profile and Software Version)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Das Objekt zeigt das verwendete Geberprofil (CANopen Device profile for encoders) und die Versionsnummer des Firmware-Standes an.
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 32
EEPROM	nein
Default	00100301h

Dateninhalt:

Firmware Version		Profil Version	
Byte 3 (High)	**Byte 2 (Low)**	**Byte 1 (High)**	**Byte 0 (Low)**
00h	10h	03h	01h

Objekt 6508h (Operating Time)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Betriebszeitzähler (nicht in der AP04 implementiert)
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 32
EEPROM	nein
Default	FFFFFFFFh (zeigt an, dass die Funktion nicht unterstützt wird)

Objekt 6509h (Gebernullungswert)

Subindex	**00h**
Beschreibung	Über dieses Objekt wird die Differenz zwischen Geberwert und dem skalierten und mit Preset- und/oder ManufacturerOffset verrechneten Positionswert ausgegeben.
Zugriff	ro
Datentyp	SIGNED 32
EEPROM	ja

$$Gebernullungswert = Geberwert - \frac{(Positionswert - Presetwert - ManufacturerOffset)}{Skalierungsfaktor}$$

Objekt 650Ah (Module Identification)

Über dieses Objekt kann der Manufacturer Offsetwert (Subindex 1), der kleinste (Subindex 2) sowie der größte (Subindex 3) übertragbare Positionswert ausgelesen werden.

Subindex	**00h**
Beschreibung	Enthält die Anzahl weiterer Sub-Indizes.
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 8
EEPROM	nein
Default	3h

Subindex	01h
Beschreibung	Herstellerspezifischer Offsetwert (dieser wird zum Positionswert hinzuaddiert). siehe Objekt 2001h
Zugriff	ro
Datentyp	SIGNED 32
EEPROM	ja
Default	0h

Subindex	02h
Beschreibung	Minimal übertragbarer Positionswert
Zugriff	ro
Datentyp	SIGNED 32
EEPROM	nein
Default	-5242880

Subindex	03h
Beschreibung	Maximal übertragbarer Positionswert
Zugriff	ro
Datentyp	SIGNED 32
EEPROM	nein
Default	5242880

Objekt 650Bh (Serial Number)

Subindex	00h
Beschreibung	Liefert die Seriennummer des Gebers (wird bei der AP04 nicht unterstützt).
Zugriff	ro
Datentyp	UNSIGNED 32
EEPROM	nein
Default	FFFFFFFFh (Funktion ist nicht implementiert)